

**DESAIN DAN IMPLEMETASI *GRID-BASED MAP*
SEBAGAI SISTEM PENGENALAN POSISI PADA
KONTES ROBOT PEMADAM API INDONESIA (KRPAI)
DIVISI BERODA**

Publikasi Jurnal Skripsi




Disusun Oleh :

NUR ISKANDAR JUANG

NIM : 0910630083 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSaN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2014**

	<p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145</p>	<p>KODE PJ-01</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA

NAMA : NUR ISKANDAR JUANG
NIM : 0910630083 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA
JUDUL SKRIPSI : DESAIN DAN IMPLEMETASI *GRID-BASED MAP*
SEBAGAI SISTEM PENGENALAN POSISI PADA
KONTES ROBOT PEMADAM API INDONESIA (KRPAI)
DIVISI BERODA

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing I

Pembimbing II

Waru Djuriatno, ST., MT.
NIP. 19690725 199702 1 001

Mochammad Rif'an, ST., MT.
NIP. 19710301 200012 1 001

Desain dan Implementasi *Grid-Based Map* Sebagai Sistem Pengenalan Posisi Pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Divisi Beroda

Nur Iskandar Juang¹, Waru Djuriatno, ST., MT.², Mochammad Rif'an, ST., MT.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro UB, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro UB

juang_200990@yahoo.com

Abstrak – Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) merupakan ajang perlombaan robotika nasional yang terdiri atas Divisi Beroda dan Divisi Berkaki. Salah satu masalah yang sering dihadapi dalam perlombaan adalah pengenalan posisi robot. Tugas akhir ini merancang dan mengimplementasikan *grid-based map* sebagai sistem pengenalan posisi pada robot beroda. Pada peta yang dirancang terdapat informasi mengenai jarak bagian depan, belakang, kiri dan kanan robot pada posisi tertentu. Sensor ultrasonik (PING))) digunakan robot digunakan untuk mengukur jarak robot terhadap dinding dan sensor *magnetic compass* digunakan robot untuk menentukan arah orientasi robot terhadap arena pertandingan. Berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonik (PING))), dapat diketahui rata-rata kesalahan pengukuran jarak adalah sebesar 0,23 cm dengan kesalahan terbesar adalah 0,4 cm. Hasil pembacaan sensor *magnetic compass* menunjukkan rata-rata kesalahan pembacaan sudut sebesar 1,8° dengan kesalahan pembacaan terbesar sebesar 4°. Dari hasil pengujian keseluruhan, sistem pengenalan posisi menggunakan *grid-based map* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

Kata Kunci : *grid-based map*, KRPAI divisi beroda, *magnetic compass*, sensor ultrasonik.

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) merupakan salah satu kontes robot tingkat nasional yang diadakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi secara teratur setiap tahun. Kontes robot yang sebelumnya bernama Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCCI) ini terbagi menjadi dua divisi yaitu Divisi Beroda dan Divisi Berkaki. Kedua divisi ini mempunyai tugas dan arena yang sama serta peraturan yang hampir sama.

Robot yang mengikuti Kontes Robot Pemadam Api Indonesia mempunyai tugas utama yaitu untuk memadamkan api yang terdapat pada arena pertandingan. Arena pertandingan pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia merupakan miniatur rumah yang terdiri dari lorong dan beberapa ruangan. Robot akan diletakkan pada sebuah arena pertandingan, kemudian robot harus dapat menyusuri arena untuk mencari dan memadamkan sumber api yang berupa lilin. Selain itu robot juga mempunyai tugas tambahan yaitu kembali ke tempat atau ruangan *start* setelah berhasil memadamkan api.

Masalah yang masih sering dihadapi dalam KRPAI adalah kemampuan robot untuk mengetahui posisi robot itu sendiri di arena pertandingan. Kesalahan yang terjadi ketika robot menentukan posisi dapat mengakibatkan

robot salah mengambil keputusan untuk dilakukan selanjutnya. Untuk itu diperlukan solusi agar robot dapat mengetahui posisi di arena pertandingan dengan benar. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah dengan menanamkan peta arena pertandingan pada memori robot yang nantinya dapat digunakan oleh robot untuk dibandingkan dengan data yang diperoleh dari sensor tentang jarak sekitar robot. Hasil perbandingan ini yang akan digunakan untuk menentukan posisi robot di arena pertandingan.

Dalam skripsi ini, peta yang ditanamkan pada memori robot berupa *grid-based map*, di mana masing-masing *grid* membentuk koordinat dan berisi data mengenai jarak robot terhadap dinding bagian depan, belakang, kiri dan kanan. Data inilah yang menjadi acuan dalam penentuan posisi robot di arena pertandingan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sensor Ultrasonik (PING)))

Sensor ultrasonik (PING))) adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi jarak dengan menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz [1]. Sinyal data sensor ultrasonik (PING))) ini akan masuk ke kaki mikrokontroler. Bentuk fisik sensor ultrasonik (PING))) ditunjukkan dalam Gambar 1.



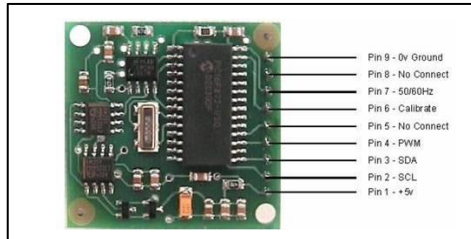
Gambar 1. Sensor ultrasonik (PING)))

Modul (PING))) mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik selama t_{BURST} (200 μs) kemudian menunggu pantulannya. Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan kurang lebih 344 meter per detik, mengenai objek dan memantul kembali ke modul (PING))). Modul (PING))) akan mengeluarkan pulsa *high* pada pin SIG selama memancarkan gelombang ultrasonik. Setelah pantulan gelombang terdeteksi, modul (PING))) akan membuat pin SIG *low*. Lebar pulsa *high* (t_{IN}) ini sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 kali jarak objek, sehingga jarak objek yang terukur adalah $[(t_{IN} \times 344 \text{ m/s}) / 2]$ meter.

B. Modul CMPS03 Magnetic Compass

CMPS03 yang berukuran 3,4 cm \times 3,4 cm menggunakan dua sensor medan magnet Philips KMZ51 yang sangat sensitif untuk mendeteksi medan magnet Bumi. Dua sensor ini dipasang saling bersilangan. Pada modul kompas telah terpasang

rangkaian pengkondisi sinyal dan pemroses data keluaran sensor berupa mikrokontroler. Sehingga sensor ini dapat menghasilkan informasi arah secara langsung (dalam derajat). Modul kompas digital ini memiliki keakurasian $3-4^\circ$ dengan resolusi sebesar 1° [2]. Konfigurasi pin dan bentuk fisik modul CMPS03 *magnetic compass* ditunjukkan dalam Gambar 2.

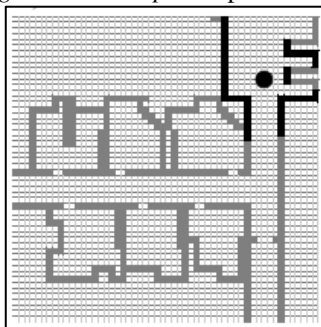


Gambar 2. Konfigurasi Pin Modul CMPS03 *Magnetic Compass*

Terdapat dua cara mengakses data modul kompas digital tersebut. Pertama dapat melalui pembacaan data PWM (*Pulse Width Modulation*) melalui pin PWM, 1 ms (untuk 0°) sampai 36,99 ms (untuk 359°). Kedua dapat melalui pembacaan data I²C (*Inter Integrated Circuit*), yaitu melalui pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*). Komunikasi I²C dimulai dengan mengirimkan *start bit*, *address* modul kompas digital dengan *read/write low* (0xC0), kemudian nomor register yang akan dibaca. Kemudian diikuti dengan *start bit* lagi, *address* modul kompas dengan *read/write high* (0xC1). Lalu data dapat dibaca menggunakan satu atau dua register (8 bit atau 16 bit). Untuk register 16 bit, yang pertama kali dibaca adalah *high byte*. Melalui pembacaan *port* I²C, data yang diakses dapat langsung digunakan yaitu 0° - 359° [3].

C. Grid-Based Map

Grid Based-Map merupakan bagian dari *Metrics Map* yang merepresentasikan suatu keadaan lingkungan ke dalam *grid*/blok ruang yang memiliki ukuran yang sama. Masing-masing blok/*grid cell* merupakan bidang 2 dimensi yang merepresentasikan koordinat x,y. Selain itu, masing-masing blok/*grid cell* biasanya berisi data-data tertentu. Data tersebut bisa berupa representasi tentang keadaan lingkungan sekitar robot (jarak terhadap objek di sekitar robot) atau bisa berupa informasi tentang ada atau tidaknya objek pada koordinat tersebut (*Occupancy Grid Map*) sehingga blok/*grid* tersebut bisa ditempati oleh robot atau tidak. Contoh dari *grid-based map* terdapat dalam Gambar 3.



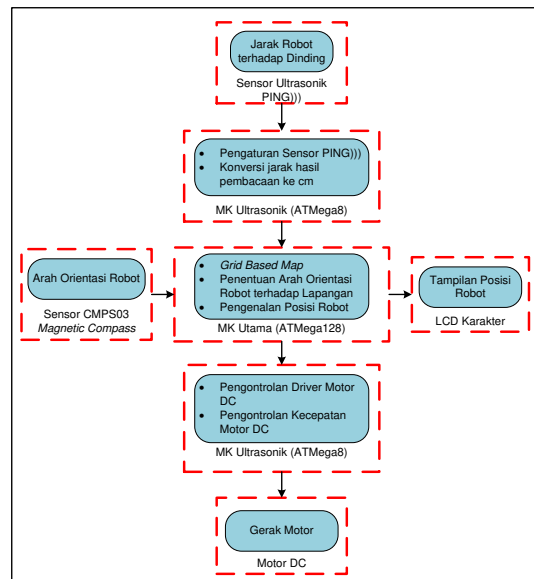
Gambar 3. Grid-Based Map

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan *map*/peta adalah [4]:

- Konsep posisi dengan *map-based* membuat keyakinan sistem mengenai posisinya secara transparan tersedia untuk operator manusia.
- Keberadaan *map*/peta itu sendiri merepresentasikan sebuah medium untuk komunikasi antara manusia dengan robot: manusia dapat dengan mudah memberikan robot *map*/peta yang baru jika robot berada pada suatu lingkungan yang baru.
- *Map*/peta, jika dibuat oleh robot, dapat juga digunakan oleh manusia.

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Perancangan Sistem Pengenalan Posisi



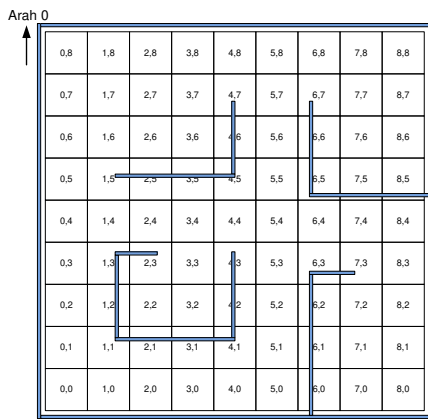
Gambar 4. Diagram Blok Sistem Pengenalan Posisi

Koreksi arah orientasi robot terhadap arena dilakukan berdasarkan data dari sensor kompas, kemudian sensor ultrasonik mengukur jarak antara robot dengan dinding depan, belakang, kiri dan kanan. Hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan data peta yang sudah disimpan dalam memori mikrokontroler sebelumnya untuk mengetahui posisi keberadaan robot di arena.

B. Perancangan Sistem Pengenalan Posisi

1) Perancangan Grid-Based Map

Pada perancangan ini, arena pertandingan KRPAL akan direpresentasikan ke dalam peta koordinat blok/*grid-based map*. Ukuran dari masing-masing blok/*grid* disesuaikan dengan dimensi robot yaitu 26 cm \times 26 cm, sehingga peta tersebut akan terdiri dari blok/*grid* dengan jumlah 9×9 . Peta tersebut kemudian diubah menjadi array yang membentuk blok/*grid* di mana masing-masing array tersebut berisi data-data mengenai keadaan lingkungan di sekitar robot. Data-data tersebut berupa data jarak robot terhadap dinding di bagian depan, belakang, sisi kanan dan sisi kiri serta apakah robot berada di dalam ruangan atau berada di lorong.

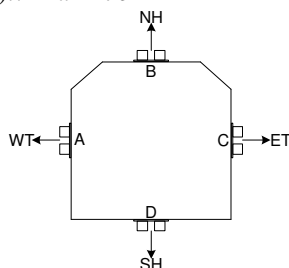


Gambar 5. Rancangan Peta Arena Pertandingan KRPAL

2) Perancangan Arah Orientasi Robot

Ketika robot akan bergerak ke koordinat selanjutnya maka robot perlu untuk menghadap ke arah yang dituju. Selain itu, pada saat proses pembandingan data antara data hasil pembacaan sensor ultrasonik dengan data yang ada pada peta, diperlukan referensi arah agar data yang dibandingkan sesuai antara data dari sensor dengan data pada peta. Untuk itu dirancanglah arah orientasi robot. Pada penelitian ini, ada empat arah yang akan digunakan, yaitu NH (*North*), SH (*South*), ET (*East*) dan WT (*West*).

- NH (*North*): Arah 0
- ET (*East*) : Arah 90
- SH (*South*) : Arah 180
- WT (*West*): Arah 270



Gambar 6. Arah Orientasi Robot

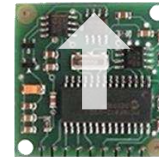
Berdasarkan konfigurasi arah di atas, maka disusunlah Tabel 4.1 yang menunjukkan hubungan antara arah orientasi robot dengan orientasi sensor ultrasonik relatif bagian depan, belakang, kanan dan kiri robot.

Tabel 1. Hubungan Orientasi Robot dan Orientasi Sensor Relatif

Orientasi Robot	Orientasi Sensor Relatif			
	Depan	Belakang	Kiri	Kanan
NH	Sensor B	Sensor D	Sensor A	Sensor C
ET	Sensor A	Sensor C	Sensor D	Sensor B
SH	Sensor D	Sensor B	Sensor C	Sensor A
WT	Sensor C	Sensor A	Sensor B	Sensor D

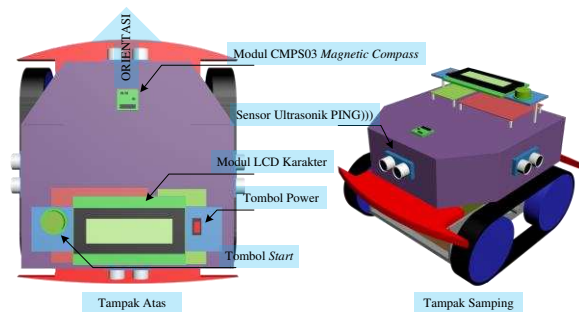
C. Perancangan Desain Mekanik dan Pemasangan Sensor

Dalam perancangan desain mekanik, dimensi robot dibuat dengan panjang = 26 cm, lebar = 26 cm dan tinggi = 26 cm. Orientasi pemasangan sensor kompas harus sesuai dengan orientasi robot. Orientasi modul *magnetic compass* tampak atas ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Orientasi Modul CMPS03 Magnetic Compass

Untuk pemasangan sensor ultrasonik, posisi sensor diletakkan segaris dengan titik tengah robot. Dalam perancangan ini digunakan empat buah sensor ultrasonik yang diletakkan di bagian samping kiri (Sensor A), depan (Sensor B), samping kanan (Sensor C) dan belakang (Sensor D). Perancangan bentuk mekanik dan pemasangan sensor ditunjukkan dalam Gambar 8.



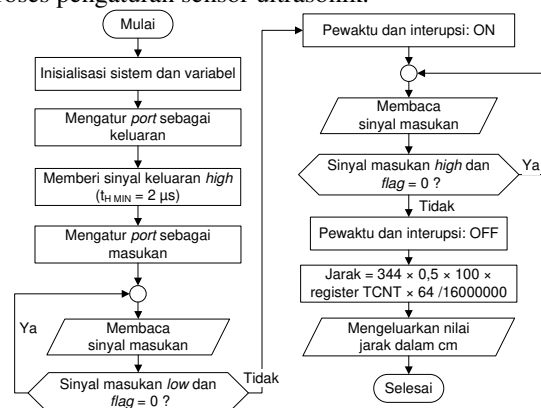
Gambar 8. Bentuk Mekanik dan Pemasangan Sensor

D. Perancangan Perangkat Lunak

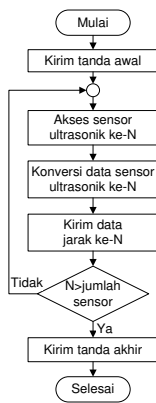
1) Perancangan Perangkat Lunak

Mikrokontroler Pengatur Sensor Ultrasonik (PING))

Penggunaan sensor ultrasonik pada robot ini bertujuan untuk mengetahui jarak robot terhadap dinding bagian depan, belakang, kiri dan kanan robot. Sensor ultrasonik ini dikendalikan menggunakan mikrokontroler *slave* ATmega8. Pengaturan sensor ultrasonik ini menggunakan *timer 1* pada mikrokontroler ATmega8. Data dari setiap sensor ultrasonik yang telah dikonversi menjadi besaran jarak dalam centimeter kemudian dikirim melalui komunikasi serial UART mikrokontroler pengatur sensor ultrasonik menuju mikrokontroler pemroses utama. Gambar 9 menunjukkan diagram alir program pembacaan sensor ultrasonik dan Gambar 10 menunjukkan diagram alir proses pengaturan sensor ultrasonik.



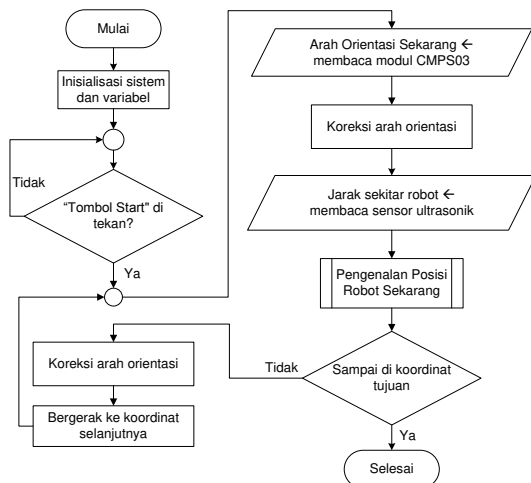
Gambar 9. Diagram Alir Proses Pembacaan Sensor Ultrasonik



Gambar 10. Diagram Alir Proses Pengaturan Sensor Ultrasonik

2) Perancangan Perangkat Lunak Fungsi Utama Sistem

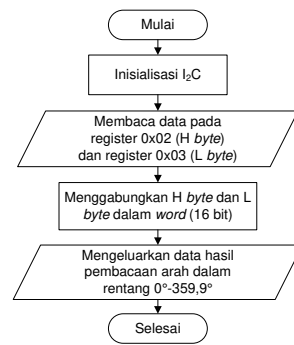
Diagram alir fungsi utama sistem meliputi proses inisialisasi, pembacaan sensor *magnetic compass*, koreksi arah orientasi robot, pengambilan data dari mikrokontroler pengatur sensor ultrasonik, pengenalan posisi dan proses Bergeraknya robot. Diagram alir perangkat lunak fungsi utama ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Perangkat Lunak Fungsi Utama

3) Perancangan Perangkat Lunak Pemroses Data Modul CMPS03 Magnetic Compass

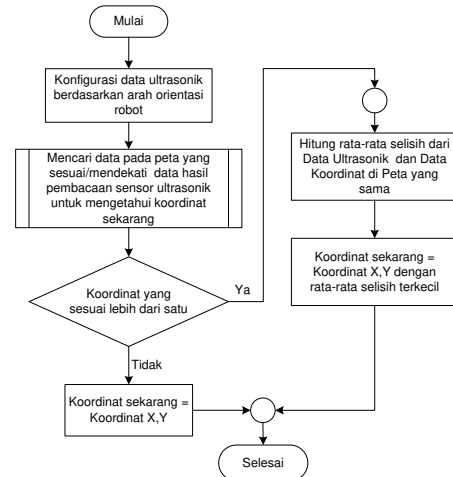
Modul CMPS03 *magnetic compass* berfungsi untuk mengkonversi besaran fisik arah mata angin menjadi besaran elektrik. Besaran elektrik kemudian diolah di dalam modul tersebut hingga dihasilkan data hasil pembacaan arah mata angin berupa nilai sudut yang dapat dibaca oleh mikrokontroler [5]. Data CMPS03 diakses oleh mikrokontroler pemroses utama melalui fasilitas I²C. Data yang diakses terdapat pada register 8 bit modul dengan alamat 0x02 (H byte) dan 0x03 (L byte) [6]. Data digabung dalam mikrokontroler dalam word (16 bit) agar dihasilkan rentang nilai 0-3599 dalam skala penuh. Data diproses dan dikeluarkan dalam rentang nilai 0°-359,9°. Diagram alir perangkat lunak pemroses data modul CMPS03 *magnetic compass* ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Perangkat Lunak Pemroses Data Modul CMPS03 Magnetic Compass

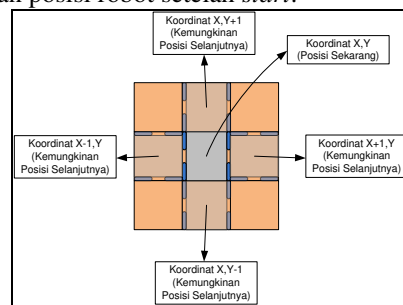
4) Perancangan Perangkat Lunak Pengenalan Posisi

Pada pengenalan posisi robot saat *start*, robot tidak memiliki acuan mengenai koordinat di sekitar robot, untuk itu diperlukan perbandingan data hasil pembacaan sensor ultrasonik dengan seluruh data koordinat di peta. Diagram alir untuk proses tersebut ditunjukkan dalam Gambar 13.

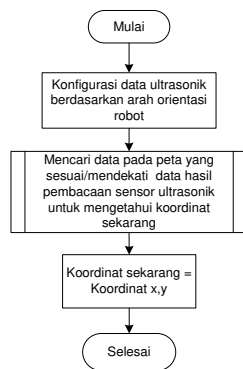


Gambar 13. Diagram Alir Penentuan Posisi saat Start

Setelah mengetahui koordinat posisi *start*, maka kita dapat mengetahui koordinat berikutnya yang akan dilalui robot di mana koordinat tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan posisi koordinat robot selanjutnya. Gambar 14 mengilustrasikan empat kemungkinan koordinat selanjutnya dari posisi robot, dan Gambar 15 menunjukkan diagram alir dari proses penentuan posisi robot setelah *start*.



Gambar 14. Ilustrasi Posisi Robot dan Kemungkinan Posisi Selanjutnya



Gambar 15. Diagram Alir Penentuan Posisi setelah Start

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem, apakah sistem telah sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan per blok sistem kemudian secara keseluruhan.

A. Pengujian Sensor Ultrasonik PING)))

Pengujian sensor ultrasonik PING))) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pembacaan sensor sesuai dengan jarak sesungguhnya. Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor ultrasonik PING))), mikrokontroler pengatur sensor ultrasonik PING))) (ATmega8) dan modul LCD. Pada pengujian ini, objek dinding KRPAI diletakkan sejajar dengan sebuah sensor ultrasonik. Jarak antara objek dengan sensor diubah-ubah dengan kelipatan 5 cm. Perangkat *timer 1* pada mikrokontroler pengatur ultrasonik digunakan untuk menghitung lama waktu aktif sinyal jawaban dari sensor ultrasonik. Selanjutnya data berupa lama waktu aktif sinyal dikonversi ke dalam jarak terbaca dalam centimeter (cm) dan ditampilkan menggunakan LCD. Hasil pengujian yang diperoleh melalui beberapa kali pengambilan data ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik PING)))

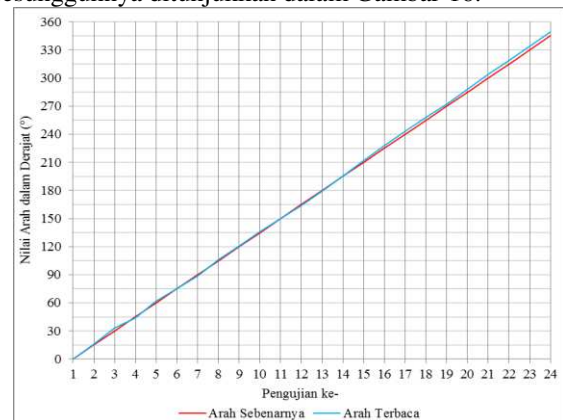
No.	Jarak Uji (cm)	Jarak Terukur				Tampilan LCD
		Sensor A	Sensor B	Sensor C	Sensor D	
1	5	5,1	5,2	5,2	5,1	5
2	10	10,1	10,1	10,3	10,1	10
3	15	15,1	15,1	15,1	15,4	15
4	20	20,4	20,2	20,2	20,2	20
5	25	25,4	25,1	25,4	25,1	25
6	30	30,3	30,2	30,3	30,3	30
7	35	35,4	35,2	35,1	35,3	35
8	40	40,4	40,3	40,3	40,1	40
9	45	45,4	45,4	45,3	45,2	45
10	50	50,3	50,2	50,1	50,3	50

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa kesalahan rata-rata yang terjadi pada saat pembacaan jarak oleh sensor ultrasonik adalah sebesar 0,23 cm. Kesalahan pembacaan terbesar yaitu sebesar 0,4 cm. Pada pengujian, kesalahan pembacaan yang terjadi berupa hasil pengukuran yang lebih besar pada nilai desimal dibelakang tanda koma, sedangkan pada nilai desimal di depan tanda koma bernilai sama dengan jarak yang diuji. Kesalahan tersebut diharapkan tidak memberikan pengaruh pada kinerja sistem yang dirancang karena pada sistem hanya digunakan data jarak dengan nilai desimal di depan tanda koma.

B. Pengujian Modul CMPS03 Magnetic Compass

Pengujian modul CMPS03 *magnetic compass* bertujuan untuk mengetahui akurasi pembacaan arah mata angin yang dibaca dalam bentuk nilai sudut 0° - 359° oleh modul tersebut. Dalam pengujian digunakan kompas konvensional sebagai acuan arah sebenarnya. Nilai kesalahan diperoleh dari selisih nilai yang terbaca oleh kompas konvensional dengan nilai yang terbaca oleh modul *magnetic compass*, yang tertampil pada modul LCD karakter.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kesalahan rata-rata adalah sebesar $1,8^{\circ}$ dengan kesalahan terbesar adalah $\pm 4^{\circ}$. Sehingga melalui pengujian tersebut dapat ditentukan akurasi modul CMPS03 yakni sebesar $\pm 4^{\circ}$. Hasil pembacaan arah Modul CMPS03 terhadap arah sesungguhnya ditunjukkan dalam Gambar 16.

Gambar 16. Grafik Hasil Pengujian Modul CMPS03 *Magnetic Compass*

C. Pengujian Pengenalan Posisi

Pengujian pengenalan posisi bertujuan untuk mengetahui kemampuan robot dalam mengolah data hasil pembacaan sensor ultrasonik dan membandingkan data tersebut dengan peta yang sudah disimpan di dalam memori mikrokontroler pemroses utama (ATmega128). Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan robot pada posisi tertentu di arena pertandingan, kemudian melihat hasil pengenalan posisi yang ditampilkan pada LCD. Tabel 3 menunjukkan data hasil pengujian pengenalan posisi.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Pengenalan Posisi

Pegujian ke-	Orientasi Robot	Posisi Sesungguhnya	Hasil Pengenalan Posisi
1	NH	0,0	0,0
2	ET	0,2	0,2
3	SH	0,8	0,8
4	WT	2,2	2,2
5	NH	5,0	5,0
6	ET	5,4	5,4
7	SH	5,8	5,8
8	WT	6,4	1,0
9	NH	8,0	8,0
10	SH	8,4	8,4

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat diketahui tingkat keberhasilan pengenalan posisi sebesar 90%. Dari sepuluh kali pengujian, robot berhasil mengenali posisi sebanyak sembilan kali dan satu kali gagal mengenali posisi. Dari hasil tersebut peta yang dirancang dianggap sudah dapat digunakan untuk

mengenali posisi robot di arena. Adapun kesalahan pada saat pengenalan posisi 6,4 diakibatkan oleh kurangnya informasi pada peta mengenai jarak robot terhadap dinding. Untuk mengatasi hal tersebut, maka informasi pada peta perlu ditambah.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari sistem pengenalan posisi berdasarkan *grid-based map* yang diterapkan pada robot beroda. Tingkat keberhasilan dinyatakan berdasarkan kemampuan robot untuk mengenali setiap koordinat yang akan dilewati oleh robot untuk mencapai koordinat tujuan yang telah ditentukan. Hal ini dilakukan dengan cara mencatat hasil pengenalan posisi berupa koordinat yang ditampilkan pada LCD karakter dan membandingkannya dengan koordinat yang akan dilalui oleh robot untuk mencapai koordinat tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tabel 4 menunjukkan data hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No.	Tampilan LCD			Keterangan Tambahan
	Posisi Start	Posisi yang Dilewati	Posisi Stop	
1	5,0	5,1	8,2	Robot berputar dua kali pada posisi 7,4 saat koreksi arah menuju koordinat 8,4. Berhasil sampai tujuan
		5,2		
		5,3		
		5,4		
		6,4		
		7,4		
		8,4		
2	8,2	8,3	7,8	Robot berputar sekali pada posisi 5,7 saat koreksi arah menuju koordinat 5,8. Berhasil sampai tujuan
		8,4		
		7,4		
		6,4		
		5,4		
		5,5		
		5,6		
3	7,8	5,7	0,6	Berhasil sampai tujuan
		5,8		
		6,8		
		6,8		
		5,8		
		4,8		
		3,8		
4	0,6	2,8	3,2	Robot berputar dua kali pada posisi 0,5 saat koreksi arah menuju koordinat 0,4, sekali pada posisi 1,4 saat koreksi arah menuju koordinat 2,4. Berhasil sampai tujuan
		1,8		
		0,8		
		0,7		
		0,5		
		0,4		
		1,4		
5	3,2	2,4	5,0	Berhasil sampai tujuan
		3,4		
		3,3		
		3,3		
		3,4		
		2,4		
		1,4		
		0,4		
		0,3		
		0,2		
		0,1		
		0,0		
		1,0		
		2,0		
		3,0		
		4,0		

Secara garis besar, hasil pengujian sistem secara keseluruhan dengan menggunakan peta untuk pengenalan posisi robot mendapatkan kemiripan hasil yang sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun perputaran robot pada posisi tertentu dikarenakan proses koreksi arah orientasi robot yang terlalu cepat sehingga pembacaan data sensor kompas menjadi sedikit terlambat dibandingkan dengan perputaran robot.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini, maka dapat diperoleh beberapa simpulan diantaranya:

- Sensor ultrasonik PING))) memiliki kesalahan rata-rata pengukuran sebesar 0,23 cm dengan kesalahan terbesar 0,4 cm.
- Modul CMPS03 *Magnetic Compass* memiliki kesalahan rata-rata pembacaan sudut sebesar 1,8° dengan kesalahan pembacaan terbesar $\pm 4^\circ$.
- Peta yang dirancang dapat digunakan untuk sistem pengenalan posisi dengan tingkat keberhasilan pengenalan posisi sebesar 90%.
- Penggunaan *Grid-Based Map* sebagai sistem pengenalan posisi yang dirancang mampu membantu robot untuk mengetahui posisi di arena pertandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Parallax. 2008. *PING))) Ultrasonik Distance Sensor*. California : Parallax.
- [2] Megasakti, M. C. 2010. *Rancang Bangun Auto Tracking dengan Menggunakan Microcontroller, GPS, SAT Finder dan Digital Compass untuk Sinkronisasi Azimuth Antena Terhadap Satelit Cakrawarta-2*. Depok: Skripsi Program S1 Ekstensi Teknik Elektro FT-UI.
- [3] Taufik, Ahmad Sulkhan. 2013. *Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot*. Malang: Skripsi Jurusan Teknik Elektro FT-UB.
- [4] R. Siegwart dan I. R. Nourbakhsh. 2004. *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. London: MIT Press.
- [5] Gapaiasa, Y. 2011. *Implementasi Sensor Kompas Digital untuk Memonitor Arah Muatan Roket*. Malang: Skripsi Jurusan Teknik Elektro FT-UB.
- [6] Tim Digiware. 2008. *CMPS03-Magnetic Compass*. Surabaya: Digiware.